

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-309300

(43)Date of publication of application : 13.12.1989

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
H01L 21/203  
H01L 21/302  
H01L 21/31

(21)Application number : 01-038219

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.02.1989

(72)Inventor : OKAMOTO YUKIO

(30)Priority

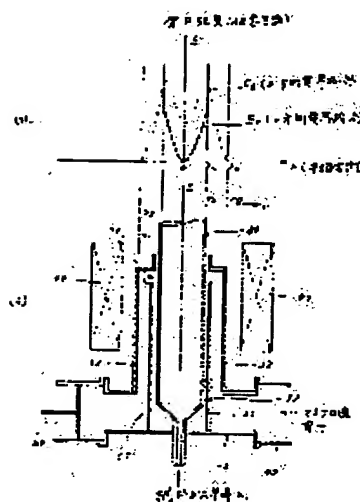
Priority number : 63 39384 Priority date : 24.02.1988 Priority country : JP

## (54) MICROWAVE PLASMA GENERATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to generate a large dia. plasma being stable in high temp. and density efficiently by combining plasma and surface wave by a gap at a cylindrical coaxial wave guide, in microwave power by supplying large power stably without using a coaxial cable.

CONSTITUTION: A microwave transmission circuit is mode-converted from an angular wave guide 40 and the like to a cylindrical coaxial wave guide 50, while a metal end plate 70, having an inner dia. opening 72 of which dia. is substantially the same as that of a cylindrical cavity 53 provided at an inner conduction body 51 around which a cylindrical outer conduction body 52 is arranged being elongated than the body 51, is set at a distance position (d) (gap) on the body spaced from an end of the body 51. A discharge pipe 80 is disposed at least through the opening 72 from the inside of cavity 53 of the body 51 and plasma is generated in the pipe 80 by use of microwave electric field generated at the gap. It is thus possible to feed large power with low loss and stability without using a coaxial cable in transmitting microwave power. Further, it is possible to generate stable large dia. plasma with high temp. and density.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-309300

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)12月13日

H 05 H 1/46  
H 01 L 21/203  
21/302  
21/31

7458-2G  
Z-7630-5F  
D-8223-5F  
C-6824-5F

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全7頁)

⑭ 発明の名称 マイクロ波プラズマ発生装置

⑮ 特 願 平1-38219

⑯ 出 願 平1(1989)2月20日

優先権主張 ⑰ 昭63(1988)2月24日 ⑱ 日本(JP) ⑲ 特願 昭63-39384

⑳ 発 明 者 岡 本 幸 雄 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

マイクロ波プラズマ発生装置

2. 特許請求の範囲

1. 一端からマイクロ波電力を導入するための、円筒状外導体と円筒状空洞を有する内導体とからなる円形同軸導波管と、上記円形同軸導波管の他端において上記円筒状外導体の先端部に設けられ、かつ上記内導体の上記円筒状空洞の内径と同程度の内径の開口を有するメタルエンドプレートと、上記内導体を上記円筒状外導体より短くすることによって上記内導体の先端と上記メタルエンドプレートとの間に形成されたギャップ部と、上記ギャップ部で発生したマイクロ波電界によってプラズマ<sup>化</sup>すべき物質のプラズマを形成するため上記内導体の上記円筒状空洞の内部から上記ギャップ部および上記開口を通して設けられた放電管とを備えてなるマイクロ波プラズマ発生装置。

2. 上記ギャップ部のギャップ長が可変され得る

第1項のマイクロ波プラズマ発生装置。

3. 上記放電管が上記プラズマ化すべき物質を導入するための導入口と上記プラズマを利用するための開口とを備える第1項あるいは第2項のマイクロ波プラズマ発生装置。

4. 上記マイクロ波電界に外部磁界を重畳させるため上記ギャップ部の周囲に設けられた磁界印加手段を備える第1項から第3項までのいずれか1つの項のマイクロ波プラズマ発生装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、エッチングやデポジション等のプラズマ反応装置や元素の定量法としてのプラズマイオン<sup>源</sup>質量分析装置等の分析機器のプラズマ発生装置に係り、特にこれら装置に好適なマイクロ波電力を用いたプラズマ発生装置に関する。

【従来の技術】

従来のマイクロ波電力を用いたプラズマ発生装置については、(1)レビュー サイエンティフィック インストルメント、36, 3(1965

年)第294頁から第298頁(Rev. Sci. Instrum., 36, 3(1965)294-298), (2)アイ・イー・イー・イー トランザクション オブ プラズマ サイエンス, PS-3, 2(1975年)第55頁から第59頁(IEEE Trans. Plasma Science, PS-3, 2(1975)55-59), (3)レビュー サイエンティフィック インストルメント, 39, 11(1968年)第295頁から第297頁(Rev. Sci. Instrum., 39, 11(1968)295-297), (4)レビュー オブ サイエンティフィック インストルメント, 41, 10(1970年)第1431から第1433頁(Rev. Sci. Instrum., 41, 10(1970)1431-1433), および(5)ジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド フィジックス, Vol.16, No.11(1977年)第1993頁から第1998頁(Jpn. J. Appl. Phys., 16, 11(1977)1993-1998)な

管50の内導体51より長くし、前記内導体51に設けた円筒状空洞53の内径と同程度の内径の開口72を有するメタルエンドプレート70を前記円筒状外導体52に前記内導体51の先端より距離dの位置(ギャップ部)に取り付け、放電管80を少なくとも前記内導体51の円筒状空洞53内部から前記開口72を通して設置し、前記ギャップ部に発生するマイクロ波電界(表面波)を用いて、前記放電管80内にプラズマを生成することにより達成される。

#### 【作用】

すなわち、マイクロ波発振器から例えば角形導波管を経て円形同軸導波管へのマイクロ波電力の伝送には、同軸ケーブルを用いることなく、低損失で、大電力を安定にプラズマに供給できる。さらに、前記メタルエンドプレート70を設けると、第1図(ロ)に示すようなz軸方向成分 $E_z$ と半径方向成分 $E_r$ とよりなる電界が、すなわち、表面波が前記内導体51の先端と前記メタルエンドプレート70との間に形成される空間(ギャップ

どにおいて論じられている。

#### 【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術の文献(1)~(3)は、マイクロ波電力の伝送に同軸ケーブルを用いているため、大電力化の点については配慮がされておらず、大電力時の安定性をはじめプラズマの高密度化や大口徑化に問題があった。一方、上記従来技術の文献(4)~(5)は、マイクロ波利用率やプラズマの径方向分布などの点については充分配慮されておらず、プラズマの生成効率やその均一性などに問題があった。

本発明の目的は、上記問題点を解決した、高温度・高密度の安定な大口徑プラズマを効率よく発生するマイクロ波プラズマ発生装置を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

上記目的は、マイクロ波伝送回路を第1図(イ)に示す如く、例えば角形導波管40から円形同軸導波管50にモードを変換し、前記円形同軸導波管50の円筒状外導体52を、前記円形同軸導波

管d)に形成されるので、前記内導体51の内部から前記開口72を通して設置した放電管80の内部には高温・高密度の安定した大口徑のプラズマを低気圧から大気圧まで、種々のガスに対して効率よく生成することができる。

#### 【実施例】

以下、本発明の実施例を第1図~第5図を用いて説明する。

第1図(イ)は本発明によるマイクロ波プラズマ発生装置の立体回路の主要部構成を、同図(ロ)はマイクロ波電界の強度分布を模式的に示す。マイクロ波電力は角形導波管40から少なくとも内導体51と円筒状外導体52とから成る円形同軸導波管変換器50へ伝送され、前記内導体51の先端に設けたギャップdで前記内導体51の円筒状空洞53部等に設けた石英等から成る絶縁性放電管80を通じて表面波としてプラズマに吸収される。ここで、前記ギャップdは、前記内導体51の先端と前記円筒状外導体52に設けたメタルエンドプレート70との間の距離を示し、ネジある

いはスペーサ等によって可変できるように構成されている。なお、前記メタルエンドプレート70には、前記内導体51の円筒状空洞53と同程度の内径を持つ開口72が設けてあり、必要に応じてメタルチョーク71を第1図(イ)のように取付け、マイクロ波の損失を低減するとよい。また、前記内・外導体51、52の少なくとも一方を強制空冷または水冷するとよい。ここで、前記内・外導体51、52や前記放電管80の径は使用目的に応じて任意に設定できる。さらに、マイクロ波電力を効率よく前記プラズマに吸収させるために、通常同軸回路の特性インピーダンスは50Ωであるので、前記同軸導波管変換器50の角形導波管内のE面の寸法を定形サイズより小さく(薄く)し、H面の寸法に対する比を小さくして導波管の特性インピーダンスを小さくするとともに、1/4波長変成器を導波管の入力側に設けて同軸部の特性インピーダンスと一致させるとよい。さらに、前記内導体51の形状を第5図に示すようにドアノブ形にしたり、短絡部を定形サイズにすると

もにブランジャ60(可変形)を設けてマッチングが取れるように構成するとよい。

また、前記外導体52の外側に磁界発生器90(コイルや永久磁石などから成る)を設け、発散型(ビーチ型)、マルチカスプ型またはミラー型などの磁界を、電子サイクロトロン共鳴条件かその前後の条件で重畳して、プラズマを発生させると、より容易に高温高密度(カットオフ密度以上)のプラズマを低圧力でも得ることができる(もちろん印加しなくても可)。

一方、プラズマガスは $H_2$ 、 $He$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $Ar$ 、 $Xe$ や $CH_4$ 、 $SiH_4$ 、 $NH_3$ 、 $CF_4$ 、 $SiF_4$ など目的に応じて選定し、 $10^{-4}$  Torr ~  $760$  Torrの範囲で動作させる。なお、放電管80への試料ガスの導入は例えば、第1図(イ)に示すような管端から導入するとよいが、特に限定するものではなく、目的に応じて決めるとよい。

第1図(ロ)は前記ギャップd部の空間に於ける電界強度分布の径方向成分 $E_r$ とz軸(マイクロ波進行方向)方向成分 $E_z$ とを示す。このプラ

ズマ装置の特徴は、電界が $E_r$ と成分 $E_z$ 成分とが共存するとともに、z軸上の成分が両者とも弱く、一方、外側は強くなる表面波となり、これらと試料ガス粒子の拡散現象との相乗作用により低圧力では径方向に均一なプラズマが得られるよう作用する。また、高圧力では第4図および第5図におけるように、ドーナツ状のプラズマが得られ、目的に応じて圧力を選定する。

第2図は第1図(イ)に示したマイクロ波プラズマ発生装置をエッチングやデポジション、さらには新素材創製などのためのプラズマ反応装置に適用した、本発明の別の第2実施例のブロック図を示す。ここで、10は高圧電源(直流またはパルス)、20はマイクロ波発振器(マグネトロンやジャイロトロン、 $1 \sim 100$  GHz、 $10 \sim 5,000$  W)、30はアイソレータ(またはユニライン)、40は立体回路(方向性結合器、電力計、E-Hチューナなどで構成)、50は同軸導波管変換器、51は内導体、52は円筒状外導体、60はブランジャ、70はメタルエンドプレ

ート、80は放電管、90は磁界発生器(なくても可)、100は排気装置、110はプラズマガス( $Ar$ 、 $He$ 、 $O_2$ など)導入器、120は反応ガス( $CH_4$ 、 $NH_3$ 、 $CF_4$ 、 $SiF_4$ 、 $O_2$ など)導入器、130は反応室、140は試料(半導体ウエハなど)、150は温度調節器(冷却または加熱器などから成る)、160は反応微粒子(たとえば高温超電導薄膜の形成のときにはたとえば $BaCO_3 + Y_2O_3 + CuO$ などを電子ビームなどで蒸発させて導入)導入装置、170は質量分析器、180は分光器、190はデータの整理をはじめ各機器を自動制御(最適化)するためのマイクロコンピュータを示す。この実施例では、前述したギャップ部dが前記メタルエンドプレート70をネジあるいはスペーサ等によって調整することにより可変できるように構成されている。また、前記内導体51の径は前記同軸変換器50部で太くなっている(ドアノブ形)。

このように構成すると、例えば酸化物高温超伝導薄膜の作成の時、低圧力( $10^{-4}$  Torr以下)

でプラズマガスである酸素( $O_2$ )をイオン化でき、この時発生する低エネルギーの酸素のラジカルやイオンと反応微粒子として導入した。例えばBa, Y, Cuの金属原子とが物理的・化学的に反応して試料台140上の基板にマイクロコンピュータ180で最適化しながら、良質の膜を低温かつ短時間で作製することができる。

第3図は本発明の別の第3実施例を示す。この実施例は、プラズマからイオンや中性粒子を引き出し、材料の表面改質や処理を行う装置を示す。ここで、50は円形同軸導波管、51は内導体、52は円筒状外導体、60はブランジャ、70はメタルエンドプレート(種々の変形が可能)、71はメタルチョーク、80は放電管、90は磁界発生器(なくても可)、100は排気装置、110は試料ガスやキャリアガスなどの導入器、120は試料ガスや反応ガスなどの導入器、130は反応室、140は試料台、150は温度制御装置、180は分光器、200はイオン引出し器を示す。なお、イオン引出し器200は電子

または中性粒子(原子やラジカル)取り出し器として構成することもできる。

このように構成すると、大口徑で均一な高密度の試料ガスやキャリアガスのプラズマが生成できる。そして、例えば前記イオン引出し器200を用いて、前記プラズマから大口徑で均一な高密度のイオンビームを取出し、前記試料台140にセットした基板の表面処理や表面改質を短時間かつ低温で行うことができる。

また、前記イオンビームでターゲットをスパッタし、前記基板にターゲット材料をデポジットすることもできる。さらに、前記中性粒子を用いても表面処理などができる。

第4図は生体分野等の微量元素の分析等に応用した本発明の第4の実施例の基本構成を示す。ここで、300はマイクロ波発生系で、マグネトロンなどのマイクロ波発振器や高圧電源、マイクロ波電力計、E-H(またはスタブ)チューナなどから成る。400はマイクロ波プラズマ発生系で、第1図(イ)を基本として、第5図に示すような

円形同軸導波管、内導体、メタルエンドプレート、放電管などから成る。500は試料ガス等導入系で、試料、キャリアガス、ネブライザなどから構成される。600は測定・分析系で、分光器や質量分析器などから成る。700は制御系でマイクロコンピュータなどから成る。700は制御系でマイクロコンピュータなどから成り、データの整理や本装置の最適制御などを行う。本実施例での動作圧力は、大電力を安定に供給できることから、大気圧を基本とし、放電管等の直徑も前記第2および第3の実施例に比べ小さくてよい。

第5図は本発明の第4図に示した実施例におけるプラズマ発生系400の一実施例の詳細を示す。ここで、50は銅やアルミニウムなどから成る扁平型の導波管(内寸:8.6mm×109.2mm×84mm)に形成した同軸導波管変換器、51は銅などから成る内導体(同軸変換部で形状は例えば同図のように円錐台(例えば底部直徑40mm,上部直徑15mm,高さ30mm)から成る)で、その軸上部には放電管80を通すための円筒状空洞53

(直徑例えば4~12mm)が設けてある。52は銅などから成る円筒形外導体で、銅などから成る円盤状のエンドプレート70が取付けてある。前記エンドプレート70には、前記内導体51に設けた前記円筒状空洞53の内徑とほぼ等しい内徑の開口72が設けてあり、その開口の厚さはその外周部より同心状に薄くしてある(厚さ $\geq 0.1$ mm)。さらに、前記内導体51の先端部と前記エンドプレート70とのギャップd(0.5~20mm)は調整できるように構成してある。80は石英などから成る放電管(内徑:例えば4~10mm)で、その一端は開放するとともに、その他端は径方向からプラズマガス501( $He$ ,  $N_2$ ,  $Ar$ など)が供給できるように枝管81が設けてある。また、前記放電管80の他端部からは同軸状に石英などから成る内管82を設け、その一端からはネブライザ(図示せず)などを経て試料とともにキャリアガス(前記プラズマガス501と同種)など500を導入する。510は前記放電管80や内導体51などを冷却するための冷却系

で、冷却剤入口511から冷却剤502(例えば、空気、水でも可。このときは水の出口を設け、前記内導体51と前記放電管80を冷却するように構成する。)を供給する。このように構成すると、前記放電管80をはじめ前記内導体51や前記メタルエンドプレート70を効率よく冷却することができる。500は拡散プラズマ、501はドーナツ状高温プラズマを示す。なお、前記放電管80や前記内導体51などの形状や大きさは限定するものではない。

このように構成すると、前記同軸導波管変換器50に供給したマイクロ波電力(例えば、2.45GHz、 $\leq 2$  KW)は、前記内導体51と前記メタルエンドプレート70のギャップd部に集中し、第1図(ロ)に示すような電界分布が得られる。このため、前記枝管81より導入したプラズマガス501はイオン化され、ドーナツ状の高温のプラズマ501を前記放電管80の内部に発生する。そして、分析すべき前記試料など500を前記内管82から前記ドーナツ状高温プラズマ

501の中心部に導入すると、試料は周辺部に拡散することなく、効率よく原子化→励起化→イオン化を生ずる。このとき発生する光を前記分光器600に、またイオンはイオンサンプリングインタフェース系(図示せず)を経て前記質量分析器600に導入すると、高周波(例えば27MHz)誘導プラズマを用いる場合に比べても、高感度で定量分析を行うことができる。なお、試料としては溶液でも直接分析でき、さらに、有機物やハロゲンなど特に制限はない。また、プラズマガスもH<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、Arなどを用いることができ、特に制限はない。

その他、本発明のマイクロ波プラズマ発生装置は、全てのプラズマを用いる装置を適用することができる。また、パルス的にプラズマを発生させることもできる。

#### 【発明の効果】

本発明によれば、マイクロ波電力を円形同軸導波管に設けた前記ギャップdでプラズマと表面波とを結合させるため、同軸ケーブルを用いること

なく大電力で安定に供給でき、しかも効率よくプラズマに吸収させることができるので、低圧力(10<sup>-4</sup> Torr程度)から高圧力(大気圧)まで広範囲に、高温・高密度のプラズマを種々のガスについて目的に応じて生成できる効果がある。

さらに、外部磁界を重畳することにより、カットオフ密度以上の高密度プラズマを種々のガスについて生成することができる。

したがって、本発明のプラズマはエッチングやデポジションをはじめ新しい材料の創製や表面加工・改質などに応用でき、さらに元素分析などにおける発光やイオン源等として幅広く用いることのできる利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(イ)は本発明によるマイクロ波プラズマ発生装置の主要構成図、同図(ロ)はそのギャップ部における電界強度分布図、第2図は本発明のプラズマ反応装置への応用を示す実施例の構成図、第3図は本発明のイオン源およびそのプロセスへの応用を示す実施例の構成図、第4図は本発

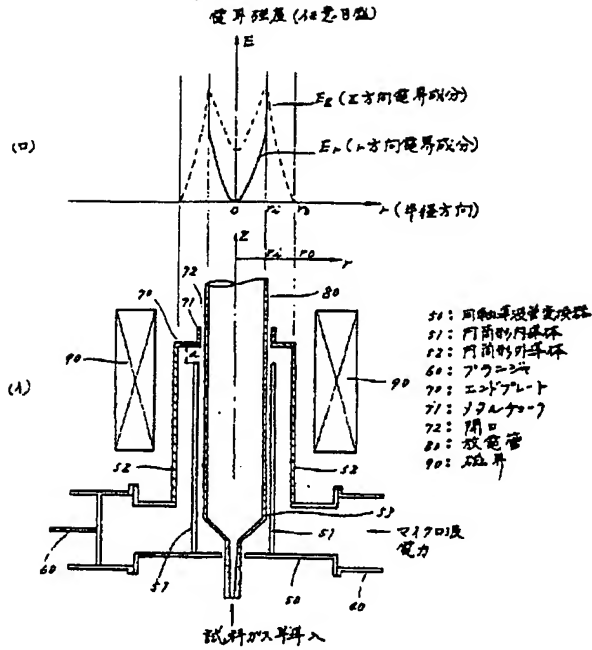
明の分析機器への応用を示す実施例のブロック図、第5図は第4図におけるマイクロ波プラズマ発生系400の詳細を示す構成図である。

10…高圧電源、20…マイクロ波発振器、50…円形同軸導波管、51…円筒状内導体、52…円筒形外導体、70…メタルエンドプレート、71…メタルチョーク、80…放電管、90…磁界発生器、100…排気装置、110…ガス導入器、120…反応ガス導入器、130…反応室、140…試料台、190…マイクロコンピュータ、200…イオン引出器、300…マイクロ波発生系、400…マイクロ波プラズマ発生系、500…ガス導入系、600…測定分析系、501…ドーナツ状プラズマ。

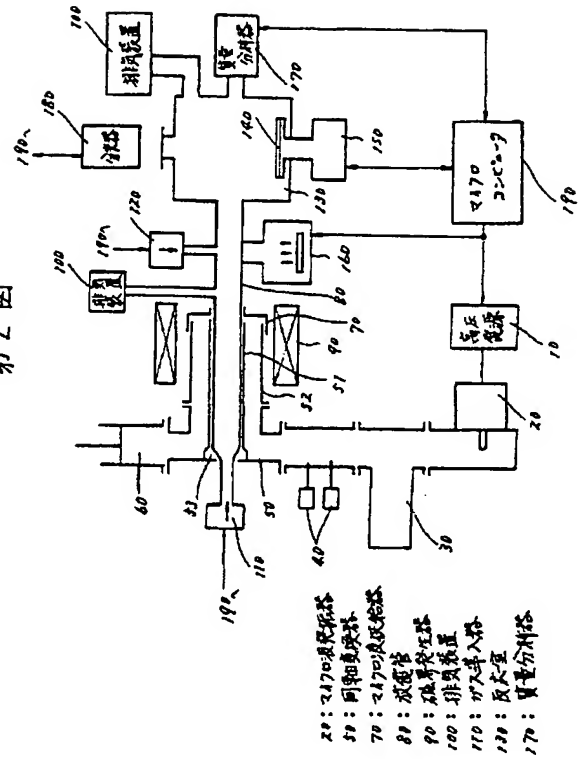
代理人 弁理士 小川勝男



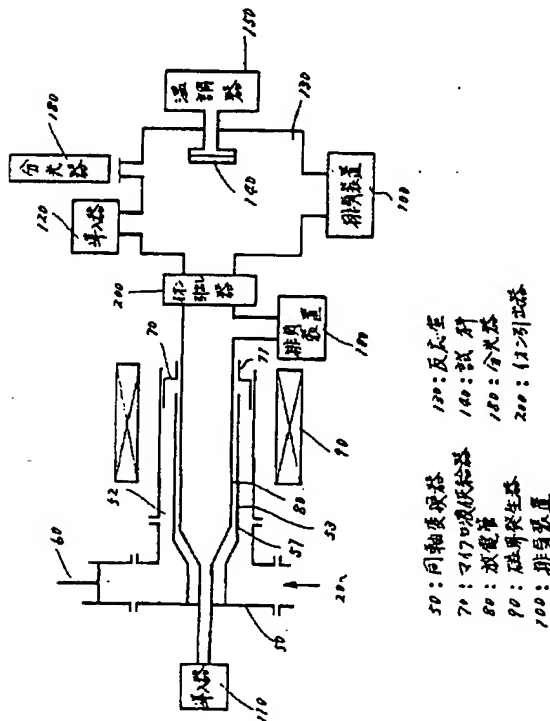
第1図



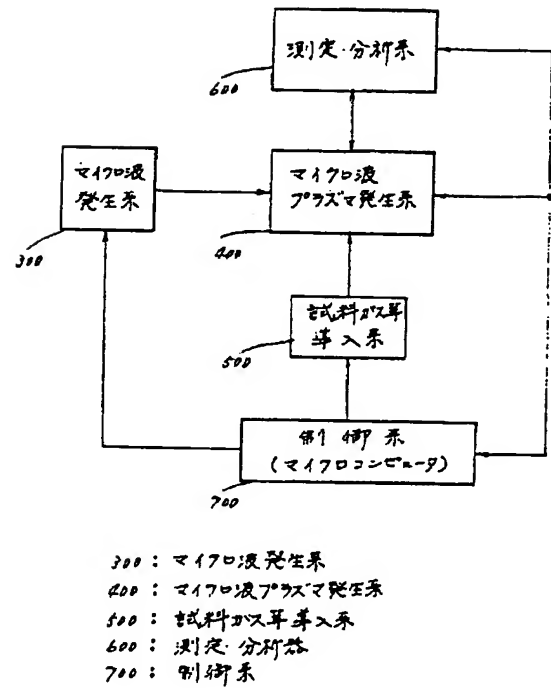
第2図



第3図

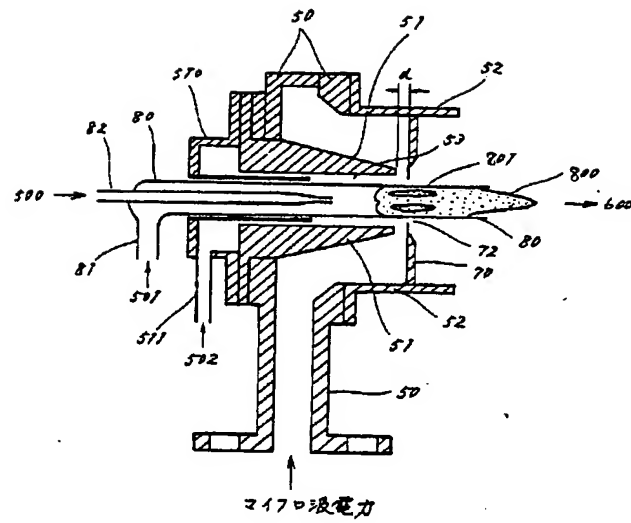


第4図





第5図



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第1区分  
 【発行日】平成9年(1997)6月20日

【公開番号】特開平1-309300  
 【公開日】平成1年(1989)12月13日  
 【年通号数】公開特許公報1-3093  
 【出願番号】特願平1-38219  
 【国際特許分類第6版】

H05H 1/46  
 H01L 21/203  
 21/3065  
 21/31

【F I】

H05H 1/46 B 9216-2G  
 H01L 21/203 Z 9277-4M  
 21/31 C 9169-4M  
 21/302 B 9275-4M

平 成 特 許 公 報

平成 8年 2月18日

特 許 庁 長 官 殿

事 件 の 表 示

平成 01年 特 許 願 第 38219号

補 正 を す る 者

事件との関係  
 名称 (510) 株式会社日立製作所

特 許 出 願 人

代 理 人

居 所 〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号  
 株式会社日立製作所内  
 電 話 東京 3212-1111(大代表)

氏 名 (5850) 井 上 小 川 勝 男

補正により増加する請求項の数 9

補 正 の 対 象

明細書の「発明の名称」及び「特許請求の範囲」、  
 「発明の詳細な説明」の図及び図面。

補正の内容

1. 本願発明の名称を「マイクロ波プラズマ発生装置及びマイクロ波プラズマ発生装置」と補正する。
2. 本願明細書の「特許請求の範囲」の欄を別紙の通りに補正する。
3. 本願添付図面中の「第3図」を別添訂正図面「第3図」の如く補正する。
4. 本願明細書第4頁第1行目と第2行目の間に下記を追加する。

記

- また、特開第61-68381号、特開第61-263128号およびユニナ  
 イト キングダム、ジャーナル オブ アプライド フィジックス、Vol.  
 20、(1987年)第197頁から第203頁(UK, J. Phys.D: Appl. Phy  
 s., 20、(1987)107-203)などに放電管にマイクロ波を供給する  
 ことが開示されているがプラズマを高圧下で高温高密度(大電力)で安定に形  
 成することについては何等論じられていない。
5. 本願明細書第6頁第13行目から第14行目の「円形同軸波管」を「円形同  
 軸導波管」と補正する。
  6. 本願明細書第12頁第19行目の「マイクロ波」を「マイクロ波」と補正する。

明 願

## 特許請求の範囲

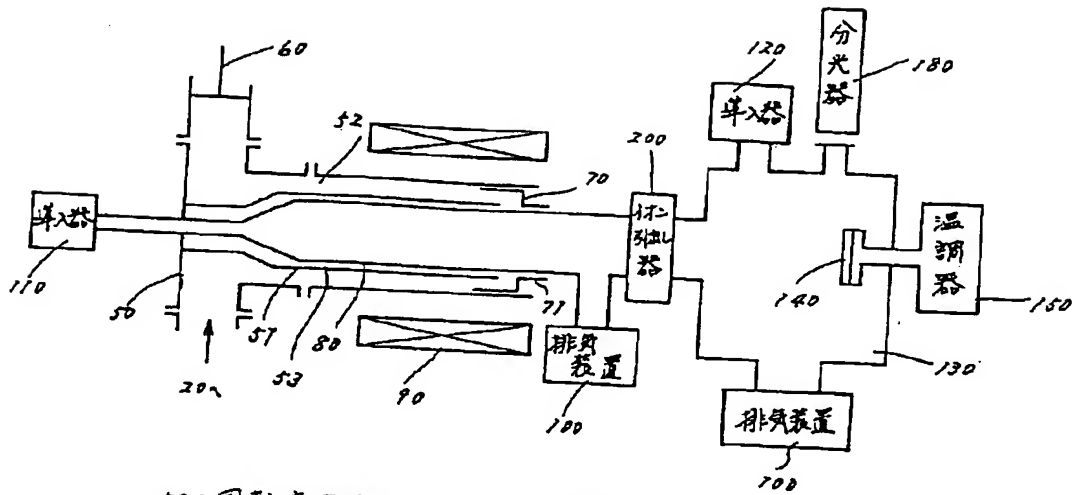
1. 同軸状に配設された内導体と外導体から成る同軸状導波管と、  
該同軸状導波管の一端に該導波管からのマイクロ波を該内導体へ送るための変換器を有し、  
該外導体の他端にエンドプレートと、該エンドプレートと該内導体の間のギャップ部でプラズマを発生させるための表面波を形成することを特徴とするマイクロ波プラズマ発生装置、
2. 一端にガスを導入する口を有し、他端が開放されている給導管から成る放電管と、  
該放電管と同軸状に配設された内導体と外導体から成る同軸状導波管と、  
該同軸状導波管の一端にマイクロ波電力を該内導体に導入するための変換器を設け、  
該外導体の他端にエンドプレートを有し、該エンドプレートと該内導体から成るギャップ部で表面波を発生して放電管にプラズマを発生することを特徴とするマイクロ波プラズマ発生装置、
3. 一端に試料ガスを導入する口を有し、他端が開放されている給導管から成る放電管と、  
該放電管の側面からプラズマガスを供給する供給口を有し、  
該放電管と同軸状に配設された内導体と外導体から成る同軸状導波管と、  
該同軸状導波管の一端にマイクロ波電力を該内導体に導入するための変換器を設け、  
該外導体の他端にエンドプレートを有し、該エンドプレートと該内導体から成るギャップ部で表面波を発生して所定ガス圧にある放電管にプラズマを発生することを特徴とするマイクロ波プラズマ発生装置、
4. 前記放電管としてE面の寸法をH面の寸法より小さくしたことを特徴とする特許請求の範囲第3項記載のマイクロ波プラズマ発生装置、
5. 前記変換器としてE面の寸法を矩形導波管より小さくした面平型導波管を用いたことを特徴とする特許請求の範囲第3項乃至第4項記載のマイクロ波プラズマ発生装置、

ラズマ発生装置、

6. 前記内導体が円筒内であることを特徴とする特許請求の範囲第3項記載のマイクロ波プラズマ発生装置、
7. 前記ギャップ部のギャップ長が可変されることを特徴とする特許請求の範囲第3項または第6項のいずれか記載のマイクロ波プラズマ発生装置、
8. 前記ギャップ部のギャップ長が0.5mmから2.0mmであることを特徴とする特許請求の範囲第7項記載のマイクロ波プラズマ発生装置、
9. 前記放電管のガス圧が1/10 Torrから760 Torrであることを特徴とする特許請求の範囲第3項または第8項のいずれか記載のマイクロ波プラズマ発生装置、
10. 前記内導体と前記放電管の間に密封部を導入する導入口を有することを特徴とする特許請求の範囲第3項または第9項のいずれか記載のマイクロ波プラズマ発生装置、
11. 前記プラズマガスとして、 $H_2$ 、 $He$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $Ar$ 、 $Xe$ 、 $CH_4$ 、 $NH_3$ 、 $SiH_4$ 、 $CF_4$ 、 $SiF_4$ を用いることを特徴とする特許請求の範囲第3項または第10項のいずれか記載のマイクロ波プラズマ発生装置、
12. 一端に試料ガスを導入する口を有し、他端が開放されている給導管から成る放電管と、  
該放電管の側面からプラズマガスを供給する供給口を有し、  
該放電管と同軸状に配設された内導体と外導体から成る同軸状導波管と、  
該同軸状導波管の一端にマイクロ波電力を該内導体に導入するための変換器を設け、  
該外導体の他端にエンドプレートを有し、該エンドプレートと該内導体から成るギャップ部で表面波を発生して所定ガス圧にある放電管にプラズマを発生し、該プラズマ中の所定のイオンを選択するイオンシプリングインターフェース部と、  
所定のイオンの質量を分析する質量分析部とから成ることを特徴とするマイクロ波プラズマ質量分析装置、
13. 上記ギャップ部の両面に設けられた電界印加手段を備えたことを特徴と

する特許請求の範囲第13項記載のマイクロ波プラズマ質量分析装置、

第3図



- |           |             |
|-----------|-------------|
| 50: 同軸変換器 | 130: 反応室    |
| 70: インポート | 140: 試料     |
| 80: 放電管   | 150: 分光器    |
| 90: 磁界発生器 | 200: イオン引出器 |
| 100: 排気装置 |             |